

Pasarela peatonal sobre el río Ulla, provincia de Lugo (Galicia)

Felipe Riola P.

Arquitecto
A Coruña, España
riola@coa.es



Manuel Guaita F.

Dr Ingeniero Agrónomo. Dpto. Ingeniería Agroforestal
Univ. Santiago de Compostela (Lugo, España)
m.guaita@usc.es



Palabras clave – Pasarela peatonal colgante, tablero madera castaño, soportes *pinus sylvestris* laminado, construcción modular, acceso difícil, cables acero inoxidable.

Keywords – Suspension footbridge, chestnut timber deck, *pinus sylvestris* glulam piles, modular construction, difficult access, stainless steel cables.

RESUMEN

Se trata de un proyecto de pasarela peatonal colgante sobre el río Ulla, de aproximadamente 36 metros de luz. La especial belleza del área natural en que se situará llevó a la opción de un diseño claro y sencillo para lograr su integración en el lugar. Se busca que la pasarela pase lo más desapercibida posible y deje el protagonismo para el entorno, el río y la naturaleza misma.

La difícil accesibilidad de la zona condicionó el diseño y los procedimientos constructivos a adoptar. Se optó por una tipología de pasarela colgante de cables de acero, tablero de madera de castaño y soportes de madera laminada cilíndrica, sobre unos estribos de hormigón armado parcialmente ocultos gracias a su integración en la topografía del lugar.

El diseño modular del tablero, construido a base de piezas prefabricadas de madera de castaño que se ensamblan entre sí, permite el montaje en seco mediante avance del tablero sin necesidad de cimbra. Su diseño con dos capas cruzadas de entablado solidarizadas proporciona al conjunto un comportamiento estructural similar al de una placa maciza de madera.

ABSTRACT

This is the project of a suspension footbridge over the Ulla River. It has a span of about 36 meters. The beauty of the natural surroundings where it is located guided the design to the option of a clear and simple proposal with the aim of achieving an integrated project for the area. The footbridge tries to be as invisible as possible with the purpose of maintaining the natural quality of the river and its surroundings.

The difficult access to the area conditioned the design and the construction procedures chosen. A suspension footbridge with stainless steel cables, chestnut timber deck and cylindrical glulam piles was designed in the end. The reinforced concrete abutments are partially concealed thanks to their integration in the topography of the area.

The deck is built of prefabricated chestnut timber modules that can be joined together at the construction site and can be assembled without the necessity of scaffolding over the river. The design of the deck, with two crossed layers of chestnut boards screwed down together, permits a structural behaviour similar to a solid wooden slab.

1. Introducción

Se trata del proyecto de ejecución de una pasarela peatonal colgante sobre el río Ulla, entre los ayuntamientos de Antas de Ulla y Palas de Rei, en la provincia de Lugo (Galicia – España).

La pasarela permitirá la comunicación entre una pista forestal y un sendero a las orillas del río en un área natural de especial belleza. En la orilla sur una zona de relleno rocoso es el remate de la pista forestal que se asoma al río, mientras en la orilla norte un sendero discurre paralelo al mismo. Contará con una luz aproximada de 36 metros entre apoyos y se prevé su uso por parte de pescadores y excursionistas por lo que se adoptó un ancho de paso de 1 metro.

Era voluntad del autor del encargo, la Consellería de Medio Rural de la Xunta de Galicia, el adoptar una solución en la que la madera fuese la protagonista, con la intención de conseguir la integración de la pasarela en el área natural. Esta premisa, compartida por los autores del proyecto, se fue enriqueciendo a lo largo del proceso de diseño debido a las múltiples posibilidades y versatilidad que brinda un material natural, renovable y ecológico como la madera.

Se buscó pues diseñar con madera la mayor parte de elementos posibles, atendiendo en cada uno de ellos a sus condicionantes particulares, además de hacerlo empleando madera procedente de especies autóctonas. Se quiso también en lo posible, y por motivos ecológicos, evitar el empleo de tratamientos químicos. Todo ello llevó tomar en consideración y a poner en balance durante el proceso de proyecto decisiones respecto a requisitos funcionales, sistema estructural, propiedades de los materiales, factores de durabilidad natural, estrategias de diseño constructivo y calidades expresivas de las soluciones adoptadas.

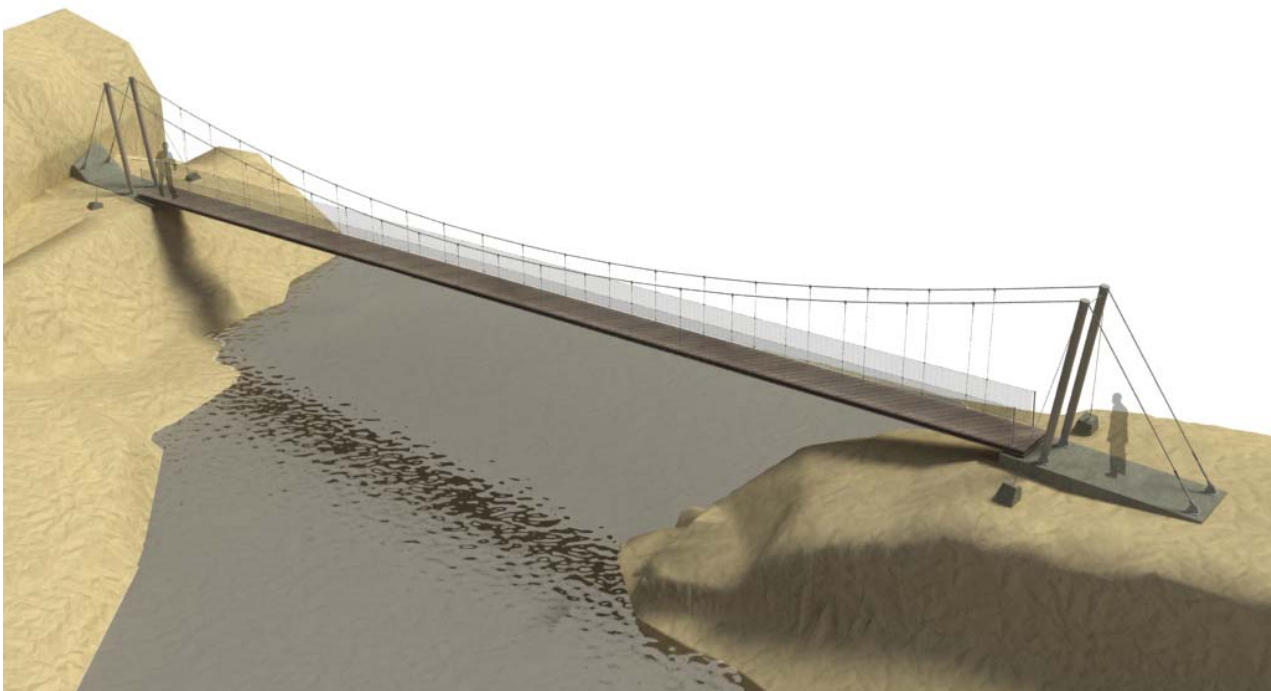


Figura 1 – Perspectiva aérea de la propuesta en la topografía del entorno

2. Justificación de la solución adoptada

Los condicionantes más importantes para el proyecto fueron el carácter y belleza natural del área de implantación y el hecho de ser ésta una zona de muy reducida accesibilidad, a la que sólo se puede llegar a pie o mediante todoterreno desde una de sus orillas. Lo primero llevó a la búsqueda de un diseño claro y sobrio, que se pudiese integrar con sencillez en un área natural como la descrita, y que pasase lo más desapercibida posible con la intención de dejar el protagonismo del lugar para el río y la naturaleza misma. Lo segundo condicionó el diseño y procedimientos constructivos a adoptar, ya que sólo es posible transportar, instalar y manejar en el lugar piezas de reducido peso y magnitud.

Se concibe la pasarela como un lugar de paso en el que el tablero sea el elemento de mayor relevancia material, un suelo de madera con el que el excursionista mantiene el contacto y que es prolongación de los senderos naturales. Mientras su sistema de sustentación pretende ser lo más ligero posible en términos visuales, buscando la integración en el entorno.

Por todo ello se optó por una tipología de pasarela colgante de cables principales y secundarios de acero, tablero construido a partir de piezas de madera de castaño y soportes extremos de madera laminada cilíndrica, todo ello sobre una cimentación de hormigón prácticamente oculta gracias a su integración en la topografía del lugar.

Las cotas elegidas para la situación de los arranques de la pasarela estuvieron condicionadas por el posible nivel que las aguas del río pueden alcanzar a lo largo de las diversas épocas del año.

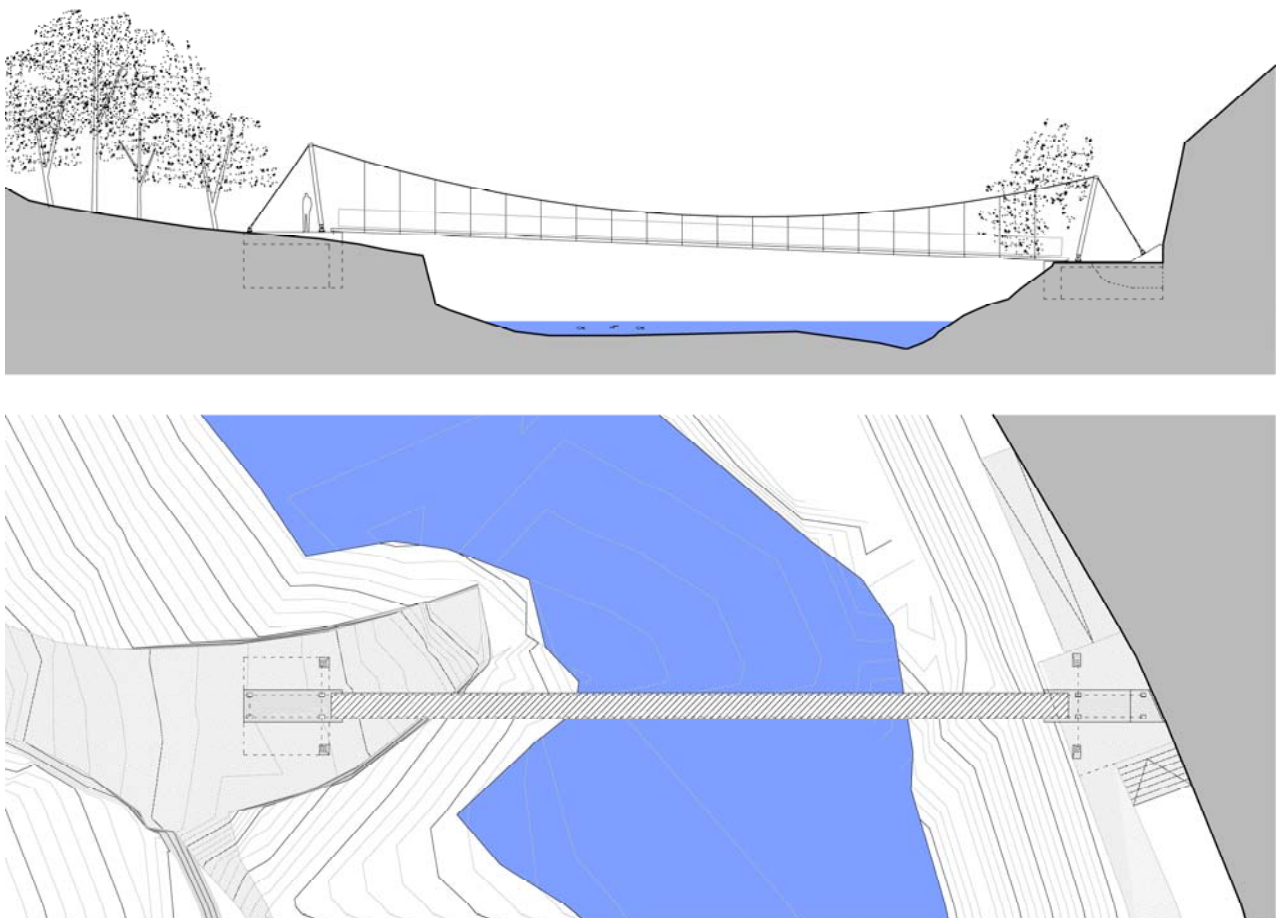


Figura 2 – Alzado y planta de la propuesta

3. Descripción general de la propuesta

La pasarela se compone de dos cables principales de trazado sensiblemente parabólico, situados paralelamente a una distancia de 1 metro, y de los cuales cuelgan 40 péndolas para la sustentación del tablero. Éste se construye mediante un sistema de piezas prefabricadas de madera de *castanea sativa*. Los soportes de los cables principales son de madera laminada de sección cilíndrica y el conjunto se haya estabilizado transversalmente mediante un sistema de barras de tracción y cables de arriostramiento.

La solución cableada de estabilización transversal permite que los soportes se perciban exentos, y junto a la elección de su forma como cilíndrica permiten su sugerencia como dos troncos artificiales en diálogo con los de los árboles existentes en la zona.

En sus extremos el sistema estructural descansa sobre unos estribos de hormigón armado que con su peso propio son los que garantizan la estabilidad del conjunto y a los que se anclan tanto cables principales como secundarios. Se desechó la opción de conseguir esta función mediante sistemas de anclaje al terreno o similares por las dificultades de acceso a la zona de la maquinaria que sería precisa para efectuarlos.

Fue entonces búsqueda del diseño el integrar estos dos elementos, necesariamente muy masivos, en la topografía del lugar y dotarlos de cualidad expresiva. Se optó por una solución volumétrica que sólo asoma al exterior parcialmente, creándose unas zonas previas a la pasarela en las que un suelo de hormigón precede al tablero, dejándose reposar a este último simplemente sobre él. En la orilla norte el estribo de hormigón se quiebra en su parte posterior



Figura 3 – Visión general desde el apoyo sur

como transición a la ladera casi vertical de roca que cierra este margen del río.

La actuación se completa con el diseño de una barandilla de malla de acero de simple torsión, muy ligera visualmente, y una serie de acciones integradoras en el entorno, como son la reposición de firme original sobre los estribos para que estos permanezcan parcialmente ocultos y la construcción de una rampa y de unas escaleras en la margen norte del río, aprovechando los materiales procedentes de la propia excavación de la obra.

Con el paso del tiempo estribos de hormigón, soportes de madera laminada y tablero de castaño irán unificando su tono hacia un gris cada vez más homogéneo que contribuirá a su integración en el entorno.

4. Construcción

El hecho de la muy reducida accesibilidad excluyó la posibilidad de cualquier sistema estructural que precisase para su construcción o instalación de medios auxiliares de gran tamaño que no pueden acceder a la zona. La llegada de materiales y elementos, así como el inicio de la ejecución partirá desde el margen sur del río, de mejor accesibilidad y al que se puede llegar en todoterreno.

Se comenzará la ejecución mediante el replanteo y construcción de los estribos de hormigón armado en las dos orillas, sobre los que se instalarán los soportes de madera laminada, unidos mediante las barras de tracción correspondientes, y que se fijarán en su posición final mediante elementos provisionales. En este momento se procederá a la instalación y tensado del conjunto de cables de arriostramiento transversal.

Una vez llegado a este punto se procederá a la instalación de los cables principales, inicialmente en los soportes sur para posteriormente ser lanzados hasta el margen opuesto con el conjunto de péndolas ya instaladas y fijadas en su posición a lo largo de los cables.

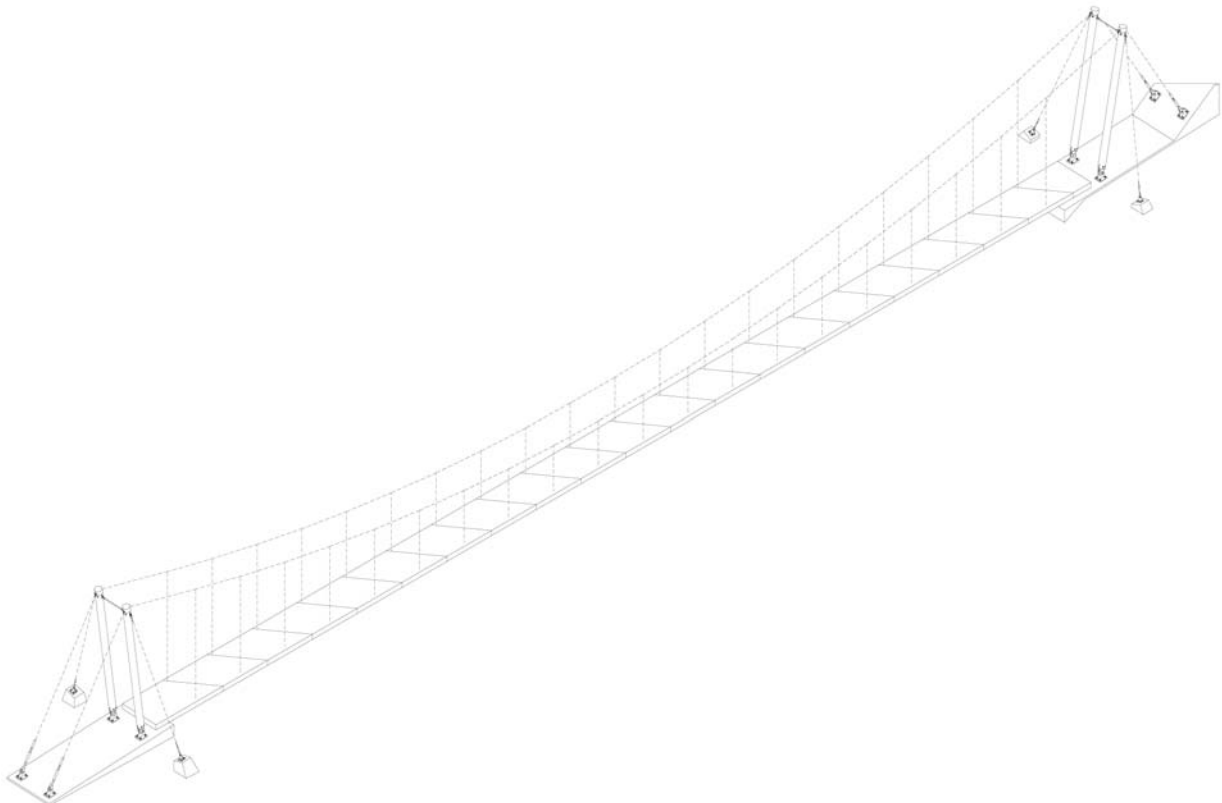


Figura 4 – Axonometría con la modulación de elementos prefabricados de tablero

El tablero de la pasarela será ejecutado parcialmente en taller, siguiendo una modulación de piezas de forma trapezoidal. Estos módulos están compuestos por una capa inferior de entablado y listones intermedios. Vendrán montados de taller con todas las mecanizaciones precisas ejecutadas, así como con los herrajes de unión instalados. La unión a los cables péndola se efectúa en la cara inferior de los listones intermedios mediante un herraje dimensionado para distribuir la compresión perpendicular a la fibra que se produce en ese punto.

El tablero se comenzará a instalar “in situ” desde la orilla sur. El primer módulo descansa inferiormente y de manera libre sobre apoyos elastoméricos, además de contar con un sistema de herraje, parcialmente inserto en la masa de hormigón del estribo, que restringe su capacidad de desplazamiento en dirección horizontal más allá de unos leves movimientos. Este módulo inicial será fijado verticalmente por la primera pareja de cables-péndola.

El resto de elementos de tablero prefabricados se irán uniendo al instalado previamente, en el que se encajarán. Se insertará un perno roscado en el herraje de unión fijando los módulos entre sí. Además cada pieza prefabricada será también sustentada por los cables péndola que les correspondan, pasando el terminal roscado de los mismos a través de los herrajes y fijándose inferiormente con tuerca y arandela. Mediante este sistema, y empleando medios auxiliares de pequeña entidad, el tablero puede ir instalándose sin la necesidad de cimbra sobre el río.

Una vez instalados todos los módulos, comprobada su nivelación y retensados los cables principales y/o secundarios de ser preciso para la obtención de una superficie plana, se procederá a la ejecución de la capa superior de entablado. Esta capa es similar a la inferior pero dispuesta transversalmente a ella, y se fijará mediante atornillado vertical para coserla con la capa inferior y piezas intermedias.

Una vez completada la operación el conjunto de tablero adquiere una gran rigidez, y pasa a comportarse, gracias a la solidarización entre listones intermedios y capas superior e inferior de entablado, cruzadas la una respecto a la otra, como una “placa” maciza de madera que cuelga de las péndolas de la pasarela. El sistema, rígido en su plano, evita la necesidad de establecer sistemas de arriostramiento adicionales como triangulaciones en el plano del tablero, ya que en este caso son la disposición de los entablados superior e inferior y listones intermedios los que las crean mediante sus orientaciones cruzadas y pertinente solidarización entre sí.

Este diseño permite además mantener los herrajes de unión ocultos y protegidos por los propios elementos de madera y es visualmente limpio. Los cables péndola atraviesan el tablero y se unen a él sin que se manifieste el sistema de unión.

Por otra parte la solución de doble capa permite conseguir una percepción del tablero homogénea, tanto desde arriba como desde abajo del mismo. Esta fue una búsqueda del diseño, ya que la pasarela puede ser percibida desde puntos de visión bajos en el margen sur, donde existe una zona paseable a cota inferior. Esta pasarela proporcionará así una alternativa a la común imagen de los sofitos de este tipo de estructuras, en los que se suelen manifestar toda una serie de elementos constructivos como herrajes, barras transversales, triangulaciones, etc.

Por último se procederá, de ser preciso, al último tensado del conjunto, realización de una prueba de carga, instalación de la barandilla y ejecución de elementos de urbanización.

5. Elementos de madera diseñados

Tanto los soportes de madera laminada de *Pinus sylvestris* como el tablero de *Castanea sativa*, se encuentran en su totalidad en una Clase de Servicio 3 a efectos de cálculo estructural. Desde un punto de vista de la durabilidad, y según CTE SE-M 3.2.1.2, se hallan sometidos a una clase de uso 3.2, correspondiente a elementos a descubierto y sin contacto con el terreno.

Las dimensiones de todos los elementos diseñados han sido decididas acorde a las posibilidades de suministro tanto de piezas como de las especies de madera escogidas.

5. 1. Soportes

Los soportes cilíndricos serán de madera laminada de *Pinus sylvestris* de clase resistente GL24h.

Se ha elegido madera laminada para estos elementos debido tanto a las longitudes precisas de pila como a la necesidad de conseguir un control dimensional y de deformaciones adecuado. Se rechazó la intención inicial de emplear rollizos de diversas especies debido a la dificultad encontrada para el suministro en seco de los mismos. Optar por su ejecución a partir de madera en verde podría hacer sufrir a las pilas torsiones y deformaciones de secado inasumibles una vez instaladas. La especie concreta, *Pinus sylvestris*, fue escogida debido tanto a las posibilidades de suministro como a su adecuada impregnabilidad para obtener la protección precisa.

El *Pinus sylvestris* cuenta, según UNE-EN 350-2:1995, con una durabilidad natural ante hongos de 3-4 medianamente/poco durable en el duramen y albura no durable, albura sensible y duramen durable ante anóbidos e hylotropes, y duramen sensible y albura no durable ante termes. Por todo ello es preciso dotar a la madera de tratamientos preventivos que posibiliten su uso y garanticen su durabilidad para la clase de uso 3.2 en que se encuentra.



Figura 5 – Visión general del sofito de la pasarela desde el apoyo sur

Según UNE-EN 350-2:1995 *Pinus sylvestris* es 1 (impregnable) en albura, y 3-4 (poco/no impregnable) en duramen, por lo que resulta una especie adecuada para obtener un grado de penetración del tratamiento suficiente en la albura, que es la que precisa especialmente de refuerzo de protección.

Dado que en las piezas se van a efectuar mecanizados que expondrán al exterior zonas de mayor profundidad que 6 mm, profundidad que normativamente sería suficiente, se prescribe que las láminas de madera sean tratadas con un nivel de penetración NP5, que corresponde a penetración total en albura y todas las caras tratadas. Los tratamientos serán aplicados a la madera mediante autoclave previamente a su encolado, pasando luego a realizarse este y el mecanizado preciso para la obtención de la forma cilíndrica final.

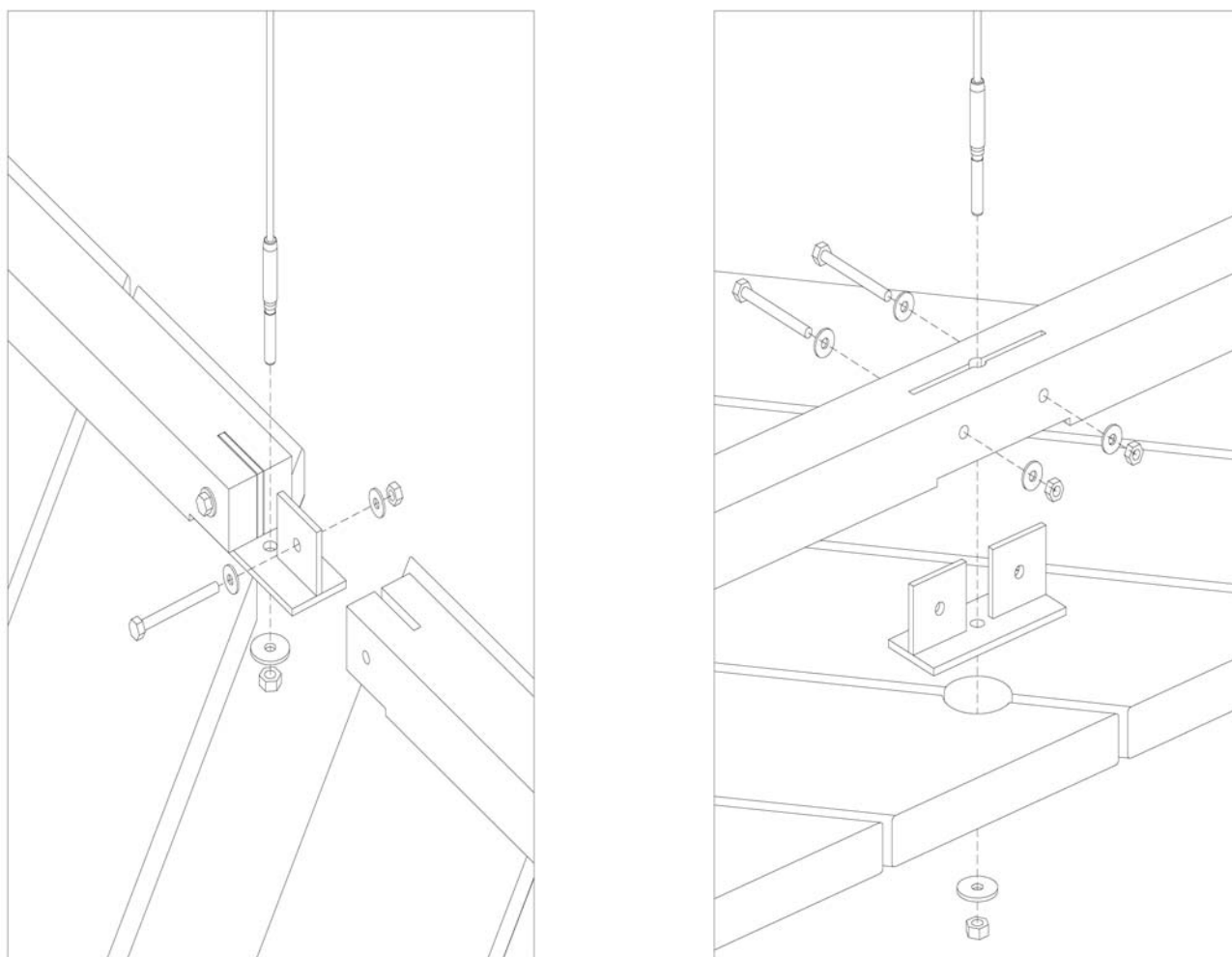


Figura 6 – Axonometrías de uniones entre módulos de tablero y cables.

5. 2. Tablero

Los elementos del tablero serán obtenidos a partir de piezas de madera aserrada de *Castanea sativa*, y estarán compuestas en un 100% de duramen. Esta especie arbórea cuenta con una anchura de albura delgada, de 2 a 5 cm de espesor, y que será eliminada en el proceso de obtención de las piezas a partir del aserrado de los rollizos.

Se ha elegido esta madera por el hecho de proceder de una especie autóctona, así como de sus buenas cualidades tanto mecánicas como de durabilidad natural, que permiten evitar tratamientos. De cara al cálculo estructural se ha considerado una clase resistente D30.

Según UNE-EN 350-2:1995 la madera de *Castanea sativa* cuenta con una durabilidad natural ante hongos de 2-duramen durable, duramen durable ante anóbidos y medianamente durable

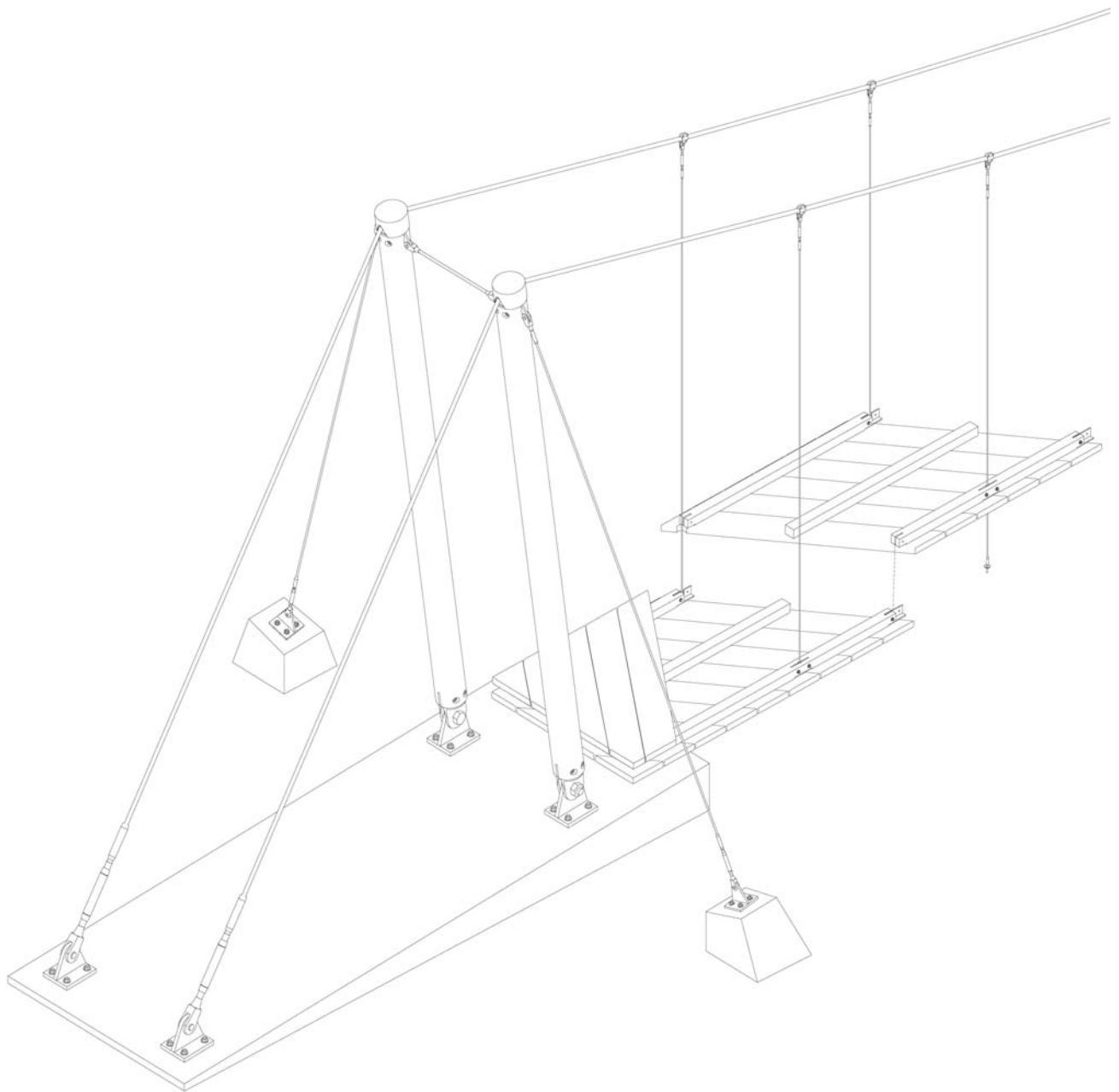


Figura 7 – Axonometría soportes sur y montaje de los módulos prefabricados de tablero.
Se representa parcialmente el entablado de capa superior que será ejecutado posteriormente “in situ”.

ante termes. Debido pues a estas propiedades y a que las piezas estructurales están compuestas exclusivamente de duramen se obtiene que los elementos de *Castanea sativa* presentan una durabilidad natural suficiente para la clase de uso a la que se hallan sometidos y no precisan de ningún tipo de tratamiento protector.

Referencias Bibliográficas

Ministerio de Fomento (Abril 2009). “CTE SE-M. Código técnico de la edificación. Seguridad estructural. Madera”

Aenor (1995). “UNE-EN 350-2:1995. Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Parte 2: guía de la durabilidad natural y de la impregnabilidad de especies de madera seleccionadas por su importancia en Europa”



Figura 8 – Perspectiva existente al cruzar la pasarela